

Рисунок 3– Упругая пластина, трапециевидная в плане

Ширина произвольного поперечного сечения пластинки  $b = \frac{b_0 - b_1}{l} z + b_1$ , осевой момент инерции

$$I_x = \frac{bh^3}{12} = I_0[\beta + (1 - \beta)\chi], \quad I_0 = b_0 h^3 / 12, \quad (12)$$

где константа  $\beta = b_1 / b_0$ , переменная  $\chi = z / l$ .

Дифференциальное уравнение упругой кривой балки-пластинки

$$EI_x v'' = M_x, \quad (13)$$

где  $v$  – прогиб пластинки,  $v''$  – вторая производная прогиба;  $M_x = Fz = Fl\chi$  – изгибающий момент. Используя в уравнении (13) момент инерции (12), получим его в виде

$$\frac{d^2 v}{d\chi^2} = 3 \frac{v_0}{1 - \beta} \left[ 1 - \frac{\beta}{\beta + (1 - \beta)\chi} \right], \quad (14)$$

где  $v_0 = Fl^3 / (3EI_0)$  – прогиб незащемлённого края балки-пластинки с жесткостью сечения  $EI_0$  (12), постоянной по её длине  $l$  (рисунок 3). Интегрирование уравнения (14) даёт (при краевых условиях  $v(z=l) = v(\chi=l) = 0$ ,  $dv/d\chi(\chi=l) = 0$ ) прогиб незащемлённого края пластины:

$$\Delta = \frac{F}{C_\Delta} = 3v_0(1 + \gamma) \frac{0.5\gamma^2 - \gamma + \ln(1 + \gamma)}{\gamma^3}, \quad v_0 = \frac{Fl^3}{3EI_0}, \quad (15)$$

откуда вторая изгибная жёсткость пластины

$$C_\Delta = \left( \frac{EI_0}{l^3} \right) \frac{\gamma^3}{(1 + \gamma)[0.5\gamma^2 - \gamma + \ln(1 + \gamma)]} \quad (16)$$

В формулах (15-16) – см. формулу (12)  $\gamma = (1 - \beta) / \beta$ .

УДК 685.341.83 : 539.3 / 6

## ПРОГИБЫ ГЕЛЕНКА В ЖЕНСКОЙ ОБУВИ

*Т.М. Борисова, аспирант, Г.Н. Федосеев, доцент*

*УО «Витебский государственный технологический университет»,*

*г. Витебск, Республика Беларусь*

Для поддержания латерального продольного свода стопы в обуви с различной высотой каблука геленочная часть должна быть достаточно жесткой при её изгибе. Актуально поэтому моделирование её изгиба и прогнозирование на его основе прогибов геленочной части обуви в зависимости от характеристик комплектующих.

На рисунке 1 представлена расчётная схема геленка на упругих опорах. Там же представлено поперечное сечение геленка, находящегося в стелечном узле.

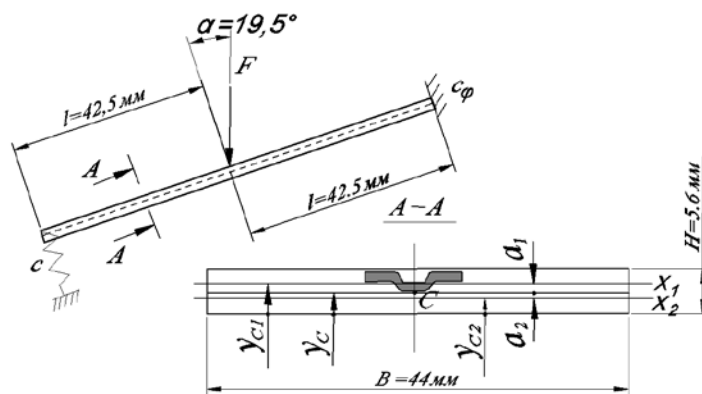


Рисунок 1 – Расчётная схема геленка

Ордината центра тяжести распределения жёсткостей материалов

$$Y_c = \frac{(E_1 A_1) y_{c1} + (E_2 A_2) y_{c2}}{E_1 A_1 + E_2 A_2},$$

жёсткость сечения при изгибе

$$EI_x = E_1 [I_{x1} + a_1^2 A_1] + E_2 [I_{x2} + a_2^2 A_2]; \quad (1)$$

$A_1$  и  $A_2$ ,  $I_{x1}$  и  $I_{x2}$  в формуле (1) – площади и осевые моменты инерции частей сечения с модулями Юнга  $E_1$  и  $E_2$ , ось  $x$ -центральная ось распределения жёсткостей, она же – нейтральная линия при изгибе.

На рисунке 2 представлена основная система метода сил, единичная и грузовая эпюры изгибающих моментов. Каноническое уравнение метода сил имеет вид

$$\delta_{11} X_1 + \Delta_{1F} = 0, \quad (2)$$

где  $X_1$ -лишняя неизвестная (реакция отброшенной связи),  $\delta_{11}$ -единичное перемещение,  $\Delta_{1F}$ - грузовое перемещение.

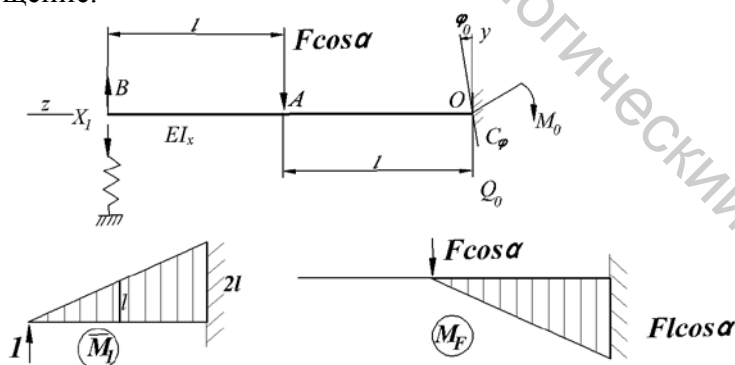


Рисунок 2 – Основная система метода сил и эпюры изгибающих моментов  
 Единичное перемещение

$$\delta_{11} = \int_0^{2l} \frac{\bar{M}_1 \cdot \bar{M}_1 dz}{EI_x} + \bar{\varphi} \cdot 2l + \bar{v}_1 = \frac{\left(\frac{1}{2} \cdot 2l \cdot 2l\right) \frac{2}{3} \cdot 2l}{EI_x} + \frac{(2l)^2}{c_\varphi} + \frac{1}{c}, \quad (3)$$

где единичное (под действием единичной силы) перемещение  $\bar{\varphi} = (2l)^2 / c_\varphi$ -результат поворота балки (рисунок 2) за счёт податливости упругого защемления ( $c_\varphi$ -изгибная жёсткость каблука), единичное перемещение  $\bar{v}_1 = 1/c$ -перемещение за счёт податливости упругой пластинки ( $c$ - её жёсткость), первое слагаемое (результат интегрирования по Мору-

Верещагину) – прогиб геленка, нагруженного единичной силой (выражения жёсткости каблука и пластинки приведены в работе Борисовой Т.М., Федосеева Г.Н., Горбачика В.Е. «Изгибные жёсткости упругих связей геленка женской обуви»).

Грузовое перемещение в направлении единичной силы

$$\Delta_{1F} = \int_0^{2l} \frac{M_F \bar{M}_1 dz}{EI_x} + \varphi \cdot 2l = - \frac{\left( \frac{1}{2} (Fl \cos \alpha) l \right) \left( \frac{2}{3} 2l + \frac{1}{3} l \right)}{EI_x} - \frac{Fl \cos \alpha}{c_\varphi} 2l, \quad (4)$$

где  $\varphi = -(Fl \cos \alpha) 2l / c_\varphi$  – результата поворота балки под действием заданной нагрузки  $F \cos \alpha$  за счёт податливости упругого защемления, первое слагаемое – прогиб балки.

Принимая в приложении к образцу реальной обуви размеры геленка (рисунок 1), каблука и упругой пластинки (рисунок 3), модули Юнга материалов собственно геленка, картона и каблука  $E_1 = 2,1 \cdot 10^5$  МПа,  $E_2 = 0,04 \cdot 10^5$  МПа,  $E_3 = 0,02 \cdot 10^5$  МПа, найдём жёсткость поперечного сечения (1), жёсткости упругого защемления и упругой пластинки:  $EI_x = 8,6 \cdot 10^6$  Н·мм<sup>2</sup>,  $c_\varphi = 2,16 \cdot 10^6$  Н·мм,  $c = 48,7$  Н/мм; единичное перемещение (3) и грузовое перемещение (4)  $\delta_{11} = 0,0476$  мм/Н,  $\Delta_{1F} = -0,00859F$  мм ( $F$  – в Н).

Решая теперь каноническое уравнение (2), получим лишнюю неизвестную:

$$X_1 = - \frac{\Delta_{1F}}{\delta_{11}} = \frac{0,00859F}{0,0476} = 0,18F \text{ Н.}$$

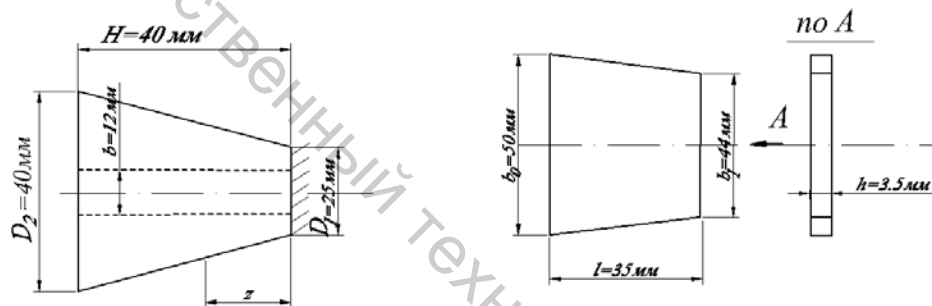


Рисунок 3 – Размеры упругих каблука и пластинки

Реактивный момент в упругом защемлении находится на основе принципа независимости действия сил (рисунок 2):

$$M_0 = x_1 \bar{M}_{10} + M_{F0} = 0,18F \cdot 2l - Fl \cos \alpha = 0,18F \cdot 85 - F 42,5 \cos 19,5^\circ = -24,8F \text{ Н·мм}; \quad (5)$$

начальный угол поворота (угол поворота упругой заделки)

$$\varphi_0 = \frac{M_0}{c_\varphi} = - \frac{24,8F}{2,16 \cdot 10^6} = -11,5 \cdot 10^{-6} F, \quad (6)$$

поперечная сила

$$Q_0 = F \cos \alpha - X_1 = F \cos 19,5^\circ - 0,18F = 0,763F \text{ Н.} \quad (7)$$

Используя начальные параметры (5-7), напишем универсальное уравнение для прогибов геленка:

$$EI_x v(z) = EI_x \varphi_0 z + \frac{1}{2} M_0 z^2 + \frac{1}{6} Q_0 z^3 \Big|_1 - \frac{1}{6} F (z - l/2)^3 \Big|_2. \quad (8)$$

Первая сумма (слева от вертикальной черты с индексом 1) в универсальном уравнении (8) описывает прогибы на участке ОА (рисунок 2), сумма в целом – прогибы на участке АВ. Искомые прогибы:  $v(l/2) = v(21,25 \text{ мм}) = 7,5 \cdot 10^{-4} F$  мм,  $v(l) = v(42,5 \text{ мм}) = 19,6 \cdot 10^{-4} F$  мм,  $v(1,5l) = v(63,75 \text{ мм}) = 29,5 \cdot 10^{-4} F$  мм,  $v(l) = v(85 \text{ мм}) = 37 \cdot 10^{-4} F$  мм ( $F$  в Н). Результаты вычислений представлены на рисунке 4.

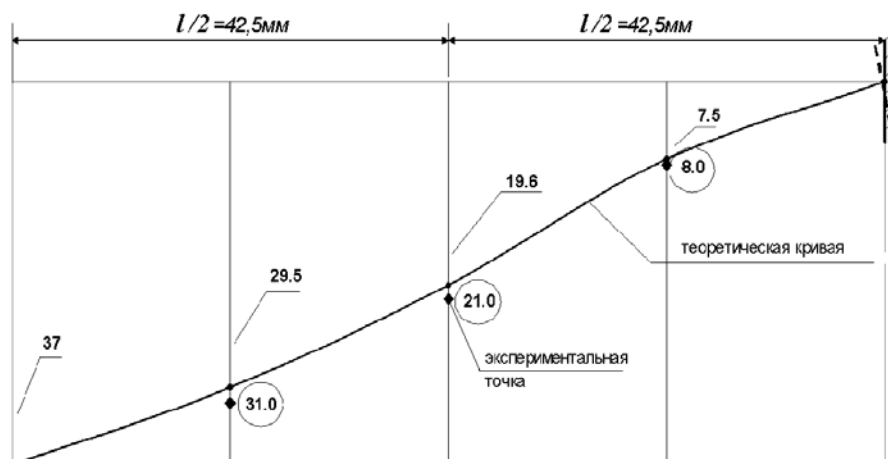


Рисунок 4 – Прогибы геленка

УДК 688.002.33

### ВЛИЯНИЕ ВИДА АБРАЗИВА НА СТОЙКОСТЬ К ИСТИРАНИЮ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ НАТУРАЛЬНЫХ КОЖ

*В.Д. Борозна, студент, А.Н. Буркин, д.т.н.*

*УО «Витебский государственный технологический университет»,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

В процессе носки обуви материалы верха подвергаются различным воздействиям механического характера. Одним из таких воздействий является трение поверхности материалов изделиями одежды, например брюками. Существующий стандарт ГОСТ 13869-74 «Хромяя кожа для верха обуви. Метод определения устойчивости покрытия к мокрому трению» оценивает только устойчивость поверхности натуральных кож к мокрому трению, хотя это встречается достаточно редко в процессе носки изделий. В качестве абразива в данном случае используется войлок, что в реальных условиях носки не может быть абразивом.

В связи с указанным выше испытание кожевенных материалов были проведены по ГОСТ 18976-73 «Ткани текстильные. Метод определения стойкости к истиранию». В качестве абразива мы использовали серошинельное сукно по ГОСТ 6621-72, как оговорено в методике, и полотно переплетенное. Серошинельное сукно состоит из 85% шерсти и 15% полиамида, а полотно переплетенное состоит из 50% льна и 50% хлопка. Объектом исследования стали кожи для верха обуви с естественной лицевой поверхностью, анилиновой отделкой и матовые с эмульсионным покрытием, кожи разбитые в барабане со средним рисунком тиснения с полуанилиновой отделкой и с мелким рисунком тиснения с полуанилиновой отделкой, кожи с естественной подшлифованной лицевой поверхностью с эмульсионным покрытием и умеренно блестящие с полуанилиновой отделкой, кожи разбитые в барабане с естественной лицевой поверхностью, блестящие, с эмульсионной отделкой.

Испытание проведенное по ГОСТ 18976-73 «Ткани текстильные. Метод определения стойкости к истиранию» показало, что образцы подвергающиеся воздействию серошинельного сукна и переплетенного полотна имеют примерно одинаковое количество потертостей на пробах (см. рис.). На рисунке представлена кожа разбитая в барабане с естественной лицевой поверхностью, блестящие, с эмульсионной отделкой. Тогда можно сделать вывод о том, что можно использовать в качестве абразива не только дорогое и дефицитное серошинельное сукно, но и другие виды материала, как например, в нашем исследовании полотно переплетенное, что это тоже позволит адекватно оценивать процесс износа материалов верха обуви в процессе ее носке.